

Проявления мультиферроидных свойств ErMn_2O_5 в исследованиях теплоемкости, магнитных и электрических полярных свойств

Б.Х. Ханнанов, С.Г. Лушников, Е.И. Головенчиц, В.А. Санина

Физико-Технический Институт им. А.Ф. Иоффе РАН, 194021 Санкт-Петербург, Россия
e-mail: khannanov@mail.ioffe.ru

ErMn_2O_5 относится к мультиферроикам II-го рода, в котором магнитное упорядочение с $T_N = 42$ К индуцирует сегнетоэлектрическое упорядочение с $T_C = 37$ К. Он содержит одинаковое количество ионов Mn^{3+} и Mn^{4+} , расположенных в слоях перпендикулярных оси с кристалла и при комнатной температуре имеет симметрию P_{bam} . Конечная вероятность туннелирования электронов между ионами Mn^{3+} и Mn^{4+} с ферромагнитными спинами (двойной обмен) приводит к появлению наноскопических областей фазового расслоения, занимающих малый объем кристалла. Равновесное состояние областей фазового расслоения формируется при балансе сильных взаимодействий: двойного обмена (с энергией $E \approx 0.3$ эВ), эффекта Яна-Теллера ($E \approx 0.8$ эВ) и Кулоновского отталкивания ($E \approx 1$ эВ), что обеспечивает существование областей фазового расслоения до температур, выше комнатной. Эти области являются мультиферроичными, т.е. обладают взаимосвязанным магнитным и электрическим полярным упорядочениями. При этом они представляют собой ферромагнитные полупроводниковые гетероструктуры, в слоях которых содержатся пары ионов Mn^{3+} - Mn^{4+} и перезаряжающие их электроны в различном соотношении. Ионы Er^{3+} (основное состояние $^4I_{15/2}$, $S = 3/2$, $L = 6$) обладает большим магнитным моментом ($J = 9.6 \mu_B$), в который основной вклад вносит орбитальный момент, сильно связанный с решеткой и жестко ориентирующий момент ионов Er^{3+} вдоль оси с. Обменное взаимодействие Er - Mn ориентирует и магнитные моменты пар ионов Mn^{3+} - Mn^{4+} в слоях гетероструктуры вдоль оси с.

Измерения набора ферромагнитных резонансов от слоев гетероструктуры, а также температурных зависимостей намагниченности и электрической поляризации вдоль различных осей кристалла коррелируют между собой и подтверждают наличие полупроводниковых гетероструктур. Измерения температурной зависимости теплоемкости обнаруживают аномалии при температурах магнитного и сегнетоэлектрического переходов, а также при температурах исчезновения намагниченностей и электрических поляризаций областей фазового расслоения вдоль различных осей кристалла. Такая корреляция температур указанных выше фазовых превращений, полученная различными методами, подтверждает предлагаемую картину изменений магнитных и полярных свойств в мультиферроике ErMn_2O_5 .